



PCT

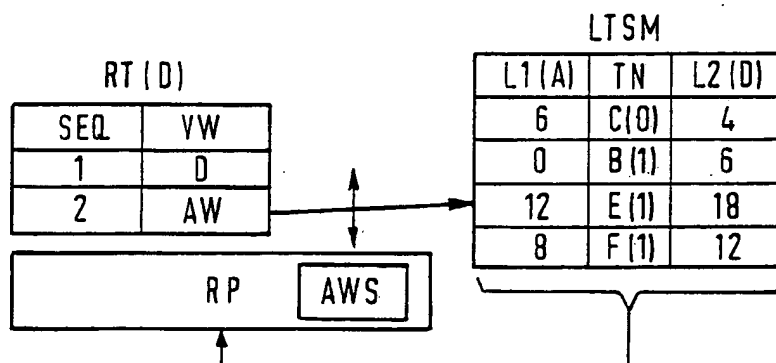
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁵ : H04Q 3/66		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 93/08666 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 29. April 1993 (29.04.93)
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP92/02302</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 6. Oktober 1992 (06.10.92)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 91117567.7 15. Oktober 1991 (15.10.91) EP (34) Länder für die die regionale oder internationale Anmeldung eingereicht worden ist: DE usw.</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIE-MENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : HARTMANN, Harro, Lothar [DE/DE]; Kuckucksweg 2, D-3300 Braunschweig (DE).</p>			<p>(81) Bestimmungsstaaten: CA, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>

(54) Title: METHOD FOR THE NON-HIERARCHICAL ROUTING OF TRAFFIC IN A COMMUNICATIONS NET

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR NICHTHIERARCHISCHEN VERKEHRSLENKUNG IN EINEM KOMMUNIKATIONSNETZ



(57) Abstract

Prior art non-hierarchical methods for the routing of communications traffic give optimum throughputs only under certain traffic loads. In order to ensure optimum throughputs under all load conditions, the invention proposes that the number of alternative routes available for overflow traffic be modified in near real time as a function of the traffic load conditions on the alternative routes.

(57) Zusammenfassung

Bisher bekannte dynamische, nichthierarchische Verfahren zur Verkehrslenkung erzielen nur in bestimmten Verkehrslastbereichen optimale Durchsatzwerte. Um über alle Verkehrslastbereiche optimale Durchsatzwerte zu erzielen, wird die Zahl der für den Überlaufverkehr verfügbaren Alternativwege erfindungsgemäß in Abhängigkeit der Verkehrsbelastungszustände der Alternativwege echtzeitnahe verändert.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbogen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäß dem PCT veröffentlichten.

AT	Österreich	FI	Finnland	MR	Mauritien
AU	Australien	FR	Frankreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GA	Gabon	NL	Niederlande
BE	Belgien	GB	Verinigtes Königreich	NO	Norwegen
BF	Burkina Faso	CN	Guinea	NZ	Neuseeland
BG	Bulgarien	GR	Griechenland	PL	Polen
BJ	Benin	HU	Ungarn	PT	Portugal
BR	Brasilien	IE	Irland	RO	Rumänien
CA	Kanada	IT	Italien	RU	Russische Föderation
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SK	Slowakische Republik
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	SU	Sowjet Union
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TD	Tschad
CZ	Tschechische Republik	MC	Monaco	TG	Togo
DE	Deutschland	MD	Madagaskar	UA	Ukraine
DK	Dänemark	ML	Mali	US	Verinigte Staaten von Amerika
ES	Spanien	MN	Mongolei	VN	Vietnam

1

1

Verfahren zur nichthierarchischen Verkehrslenkung in einem Kommunikationsnetz

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur nichthierarchischen Verkehrslenkung in einem Kommunikationsnetz gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

10

Ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist bereits aus der Druckschrift ITC-11 (1985) pp. 795-801, "use of a trunk status map for real-time DNHR" von G.R. Ash bekannt. Das bekannte Verfahren weist bei Überlast signifikante Durchsatzeinbußen auf.

15

Alle bisher bekannten dynamischen Verfahren zur nichthierarchischen Verkehrslenkung erzielen nur in bestimmten Verkehrslastbereichen optimale Durchsatzwerte, d.h. sie weisen signifikante Durchsatzeinbußen entweder bei Überlast oder bei Hoch- oder Planungslast auf.

20

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, über alle Verkehrslastbereiche optimale Durchsatzwerte zu erzielen.

25

Dieses Problem wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

30

Durch die echtzeitig zustandsgesteuerte Adaption der Zahl und Reihenfolge der für den Verkehr verfügbaren Alternativwege, d.h. der Alternativwegesequenz, werden in allen Lastbereichen nahezu optimale Durchsatzwerte oder minimale Transportkosten erzielt.

35

Sind sämtliche Alternativwege eines Verkehrspaares überlastet, so sind für den Verkehr schließlich nur noch die Planwege bzw. der Planweg verfügbar.

Durch diese zustandsgesteuerte Wegeselektion wird einerseits die verkehrspaarsspezifische Hochlast vermindert, gleichzeitig jedoch die Hintergrundlast (Verkehr über Planwege zuzüglich Überlauf aus anderen Netzbabschnitten) auf den betroffenen Linkabschnitten begünstigt. Daher steigt der erfolgreiche Durchsatz des gesamten Kommunikationsnetzes an. Das erfindungsgemäße Verfahren zur nichthierarchischen Verkehrslenkung arbeitet daher konservativ reservierend und verträglich zu anderen Routing-Umgebungen. Es nutzt gleichzeitig die im allgemeinen nicht kollidierenden Verkehrsminima (Multi Hour Routing) durch wissende Zuweisung freier Kanäle (Multi Service Routing).

Das erfindungsgemäße Verfahren kann als zustandsgesteuertes dynamisches nichthierarchisches Routing-Verfahren (State-Controlled Dynamic Nonhierarchical Routing, kurz SDNHR) bezeichnet werden.

Eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß Anspruch 2 besitzt insbesondere den Vorteil, daß die Verkehrslast auf den signalisierten Kanälen gegenüber einem zentralen Routing-Verfahren verringert und somit der Durchsatz gefördert wird. Dies ist insbesondere bei einem Kommunikationsnetz mit vielen Vermittlungsknoten und einer großen Anzahl von Alternativwegen von Bedeutung. Im übrigen wird die Processing Load auf die lokalen Prozessoren verteilt. Dadurch werden sicherheitsrelevante echtzeitig effiziente Routing-Verfahren mit dezentralem "Processing Load Sharing" realisierbar.

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß Anspruch 3 besitzt insbesondere den Vorteil, daß der Ursprungsvermittlungsknoten den Verkehrsbelastungszustand eines Alternativweges auf einfache Weise einstufen kann.

1

3

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß Anspruch 4 besitzt insbesondere den Vorteil, daß der Ursprungsvermittlungsknoten den Verkehrsbelastungszustand eines Alternativweges unter lernender Berücksichtigung der Folge-Link- Belastungen einstufen kann.

10

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß Anspruch 5 besitzt insbesondere den Vorteil, daß der Ursprungsvermittlungsknoten den Verkehrsbelastungszustand eines Alternativweges unter Berücksichtigung der Zustände der Folge- Links einstufen kann, ohne ein Verfahren zur Schätzung der Blockierungswahrscheinlichkeit eines Alternativweges anwenden zu müssen.

15

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß Anspruch 6 besitzt insbesondere den Vorteil, daß der Alternativwegeverkehr (Überlaufverkehr) im Überlastfall noch stärker zugunsten des Planverkehrs verdrängt wird.

20

Es folgt die Figurenliste der Zeichnung.

25

FIG 1 zeigt ein Kommunikationsnetz, bei dem das erfindungsgemäße Verfahren angewandt wird.

FIG 2 zeigt die in einem Vermittlungsknoten zur Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorhandene Processing- Struktur.

30

FIG 3 veranschaulicht die Durchsatzoptimierung bei adaptiver Wegefächersteuerung.

FIG 4 zeigt die Verringerung des Processing Load Ratio (PRLR) bei verschiedenen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

35

Im folgenden wird eine spezielle Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand der Zeichnung näher erläutert.

FIG 1 zeigt ein Kommunikationsnetz, das Vermittlungsknoten A, B, C, D, E und F beinhaltet. Jeder der dargestellten Vermittlungsknoten A bis F arbeitet mit einem vom Netzbetreiber bzw. einem zentralen Netzmanagement planarisch vorgegebenen Weggefächter, in dem neben einem Planweg (möglichst Direktweg) oder mehreren Planwegen eine zentral vorgegebene Anzahl M von Alternativwegen zu jedem Verbindungsziel bzw. Zielvermittlungsknoten enthalten sind. Im Falle durch das zentrale Network-Engineering oder Network-Management vorgegeben. Die Anzahl und Reihenfolge der Alternativwege kann in außergewöhnlichen Netzsituationen ebenfalls durch das zentrale Network-Management z.B. in 5 min-Intervallen vorgegeben werden. Bei normalen Netzsituationen und damit in dominierenden Betriebszeitintervallen sind die Alternativwege jedoch potentielle Echtzeit-Wege. Erfindungsgemäß werden diese Alternativwege vom Routing-Prozess dezentral und zustandsgesteuert den in einem Vermittlungsknoten eingehenden Verbindungsanforderungen (Calls) gemäß einer vom Routing-Prozess in relativ kleinen Zykluszeiten ermittelten Alternativwegesequenz zugewiesen. FIG 1 zeigt des weiteren eine erste Vermittlungsstelle V1, die über den Vermittlungsknoten A an das nichthierarchische Kommunikationsnetz angeschlossen ist und eine zweite Vermittlungsstelle V2, die über den Vermittlungsknoten D an das nichthierarchische Kommunikationsnetz angeschlossen ist. Da der Anschluß der beiden Vermittlungsstellen V1 und V2 fest oder planarisch hierarchisch ist, vollzieht sich ein in FIG 1 dargestellter Verbindungsaufbau zwischen den Vermittlungsstellen V1 und V2 über die Vermittlungsknoten A und D des nichthierarchischen Kommunikationsnetzes. Die in den Ursprungsvermittlungsknoten A eingehenden Calls der Vermittlungsstelle V1 können über alternative Verbindungswege zum Zielvermittlungsknoten D vermittelt werden, was in FIG 1 durch nicht unterbrochene Verbindungspfeile dargestellt ist. Die in FIG 1

1

5

gestrichelt dargestellten Verbindungswege zwischen dem Ursprungsvermittlungsknoten A und dem Zielvermittlungsknoten D sind Verbindungswege, die vom Routingprozeß

5

nicht ausgewählt wurden, d.h. in dem betrachteten Aufdatierungsintervalls (Route Update Intervall) nicht in die Alternativwegesequenz mitaufgenommen wurden.

10

FIG 2 zeigt die in dem ausgewählten Ursprungsvermittlungsknoten A zur Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorhandene Processing-Struktur. Die im folgenden näher erläuterte Realisierung der Erfindung beinhaltet im allgemeinen Software- und Hardware-Komponenten mit abgestimmten Aufgabenzuweisungen.

15

Die in FIG 2 dargestellte Processing-Struktur umfaßt einen Routing-Prozeß RP, eine Routing-Tabelle RT(D) und eine lokale Trunk-Zustandstabelle LTSM. Der Routing-Prozeß RP dient zur Ermittlung einer Alternativwegesequenz AWS innerhalb der zentral zugelassenen Menge von M Alternativ-

20

wegen. Dabei bedient er sich der lokalen Trunk-Zustandstabelle LTSM, in der die Zustände der Links sämtlicher Alternativwege abgespeichert sind, und gegebenenfalls eine binäre Aussage über die Verfügbarkeit von Transitknoten TN der Alternativwege enthalten ist.

25

30

Die Routing-Tabelle RT (D) enthält eine Wegesequenz SEQ von Verbindungswegen VW, durch die dem Vermittlungs-Prozeß im vorliegenden Beispiel an erster Stelle ein planerischer Direktweg D und an zweiter Stelle ein aktueller Alternativweg AW zur Verfügung gestellt wird. Der aktuelle Alternativweg AW wird dem Vermittlungsprozeß solange zur Verfügung gestellt, bis er vom Überlaufverkehr belegt ist bzw. eine Blockierung auftritt. Daraufhin erfolgt eine Meldung an den Routing-Prozeß RP, worauf dieser den gemäß

35

der Alternativwegesequenz AWS nächsten Alternativweg als den neuen aktuellen Alternativweg anstelle des bisherigen

1

6

aktuellen Alternativweges in die Routing-Tabelle einschreibt.

Die lokale Trunk-Zustandstabelle LTM beinhaltet die Zustände aller zentral zugelassenen Alternativwege eines jeweiligen Ursprungs-Zielvermittlungsknotenpaares, hier z.B. des Vermittlungsknotenpaares A-D. Der Routing Prozeß ermittelt daraus innerhalb des Aufdatierungsintervalls die Alternativwegessequenz, d.h. die Reihenfolge und den Umfang der für den Überlaufverkehr herangezogenen Alternativwege. Alle im jeweils nächsten Aufdatierungsintervall eingehenden Calls nutzen diese Alternativwegessequenz im sequenziellen Überlauf.

Im folgenden wird das spezielle Ursprungs-Zielvermittlungs-knotenpaar A-D betrachtet.

Als erster Verbindungsweg ist dabei der Planweg D, der hier speziell ein Direktweg ist, vorgegeben. Als erster Alternativweg AW wird durch den Routing-Prozeß der am wenigsten belastete Verbindungsweg über den Vermittlungsknoten E vorgegeben. Der Vermittlungsknoten E stellt hier bei einem Transistknoten TN dar, der für den Verkehr verfügbar ist. Die Verfügbarkeit eines Transistknotens TN ist in der lokalen Trunk-Zustandstabelle durch einen in Klammern hinter der Bezeichnung des Transistknotens stehenden binären Wert ausgedrückt. Der erste Alternativweg verläuft über einen ersten Link L1 (A), der gemäß der lokalen Trunk-Zustandstabelle 12 freie Kanäle aufweist, und über einen zweiten Link L2 (D), der 18 freie Kanäle aufweist. Daher können auch eingehende Mehrkanal-Verbindungsanforderungen von bis zu 12 Kanälen diesem Alternativweg angeboten werden.

Das Zeitintervall, nach dem die lokale Trunk-Zustandstabelle mit nicht lokalen Zustandsinformationen aufdatiert

1

7

wird, (Aufdatierungsintervall dT) beträgt etwa 10 sec. Dadurch ist einerseits eine echtzeitnahe Aufzeichnung der Belegungszustände der Alternativwege gewährleistet, andererseits die Abfragehäufigkeit der lokalen Trunk-Zustandstabelle und damit die Auswertungslast gering.

Der Routing-Prozeß sorgt dafür, daß die eingehenden Calls denjenigen Alternativwegen mit den jeweils größten durchgängig verfügbaren Kanalzahlen, d.h. mit der geringsten Verkehrsbelastung zugewiesen werden. Folgende Prozeßkomponenten sind hierzu erforderlich:

- a) LTSM-Eintragungen im Raster des Aufdatierungsintervalls: Verfügbare Kanäle, abzüglich Trunk-Reservierung, abzüglich BIAS-Schätzwerte.
- b) Zuweisung der eingehenden Calls auf den freiesten (most idle) Alternativweg mit Überlauf auf nachrangige Alternativwege. Die Rangordnung erfolgt nach abfallenden durchgängig freien Kanalzahlen.
- c) Rufblockierung, falls kein Alternativweg verfügbar.

Ist der zweite Link des ersten Alternativweges beim Verbindungsaufbau entgegen der Aussage der lokalen Trunk-Zustandstabelle blockiert, erfolgt Crankback und es wird als zweiter Alternativweg der Verbindungsweg über den Transitvermittlungsknoten F herangezogen. Weitere Alternativwege sind in dem betrachteten Aufdatierungsintervall der lokalen Trunk-Zustandstabelle nicht verfügbar und können deshalb nicht für den Verbindungsaufbau herangezogen werden. Der Verbindungsweg über den Zwischenvermittlungsknoten B wird dabei mangels freier Kanäle auf dem ersten Link L1 (A) und der Verbindungsweg über den Zwischenvermittlungsknoten C infolge Überlast in C vom Routing-Prozeß nicht ausgewählt und damit dem Vermittlungsprozeß nicht zur Verfügung gestellt. Der Routing-Prozeß erzeugt somit aus einer zentral vorgegebenen Menge von M Alternativwegen eine nach freien Verbindungswegkapazitäten geordnete Teil-

menge von Alternativwegen, wobei $T \leq M$.

Bei eingehenden Mehrkanal-Calls sind die vorhandenen freien Verbindungskapazitäten in gleicher Rangordnung maßgebend. Die Zuweisung von zwei HO-Kanälen mit jeweils 384 kbit/s an benötigter Kapazität führt während des betrachteten Aufdatierungsintervalls beispielsweise zur Ausbuchung des Alternativweges über den Zwischenvermittlungs-knoten E und damit zur Rangreinedrigung oder Ausbootung dieses Alternativweges im nächsten Aufdatierungsintervall.

Die in der lokalen Trunk-Zustandstabelle gemäß FIG 2 angegebene Zahl von freien Trunks eines Links ist bereits um eine bestimmte Zahl von Trunks verringert. Diese künstliche Verringerung berücksichtigt zum einen die gewöhnliche linkspezifische Trunkreservierung zur Durchsatzstabilisierung des Netzes und zum anderen eine BIAS-bezogene wegespezifische Trunkreservierung, um den im Raster des Aufdatierungsintervalls fortschreitenden Verkehrsbelastungszustand eines gesamten Alternativweges zu berücksichtigen (dezentral hochlastspezifisch feste oder adaptive Zweilink-Wegereservierung).

In Wirklichkeit ist die gemäß FIG 2 in der lokalen Trunk-Zustandstabelle gespeicherte Zahl von freien Trunks eines Links nicht bereits um eine bestimmte Zahl von Trunk verringert. Die genannte künstliche Verringerung erfolgt vielmehr durch den Routing-Prozess zum Zwecke der Ermittlung der Alternativwegesequenz.

Die genannte BIAS-bezogene Trunkreservierung kann ebenfalls echtzeitnah in Abhängigkeit der Verkehrsbelastung eines Links verändert werden. Um den echtzeitnahen BIAS-Wert zu ermitteln, wird zum Ende jedes Prädiktionsintervalles (etwa gleich Aufdatierungsintervall dt) der Schätzwert des echtzeitigen linkspezifischen BIAS-Wertes BIAS(t) über das Prädiktionsintervall dt

1

9

gebildet:

$$\text{BIAS}_i(t, dT) = dT \left(a_i(t, dT) - x_i(t)/t_m \right) \quad (1)$$

5 wobei $a_i(t, dT)$ die Rufankunftsrate, $x_i(t)$ die Zahl der zum Zeitpunkt t aktuell belegten Trunks eines Links i , t_m die mittlere Verbindungsdauer und $x_i(t)/t_m$ die Verbindungsbeendigungsrate sind. Diese BIAS-Schätzwerte sind selbst Zufallsgrößen. Insbesondere muß die Rufankunftsrate selbst
10 gemäß

$$a_i(t, dT) = a_i(t-dT, dT) + (1 - \beta) Z_i(dT)/dT \quad (2)$$

mit $0 \leq \beta \leq 1$ durch gleitende Mittelung aus der Zahl der Rufankünfte $Z_i(dT)$ im Prädiktionsintervall dT gewonnen werden. Für $\beta = 0$ resultieren beispielsweise nahezu zeitpunktartige jedoch variationsreiche Schätzungen, während
15 $\beta = 1$ auf $a_i(t, dT) = a_i(0, dT)$ führt, also den Anfangswert fortschreibt.

Häufig werden die Werte $\beta = 0,9$ und $t_m = 180$ s verwendet.
20

Eine rein rechnerische Erwartungswertbildung über Gleichung (1) liefert veranschaulichend

$$E(\text{BIAS}_i(t, dT)) = \frac{dT}{t_m} (A_i(t) - y_i(t)) \quad (3)$$

25

wobei nun $A_i(t)$ das Verkehrsangebot und $y_i(t)$ die Belastung der Link i im Zeitpunkt t sind. Diese Erwartungswertbildung ist echtzeitig, d.h. für $dT \ll t_m$, nicht realisierbar, kann jedoch zur Schätzung fester BIAS-Richtwerte
30 in eperimentellen Lastsituationen verwendet werden. Betragen z.B. die aktuelle mittlere Bündelbelastung $y = 80$ Erl, das aktuell eingehende mittlere Angebot $A = 116$ Erl und das Verhältnis $dT/t_m = 0,10$, so wäre der echtzeitnahe BIAS-Wert für das Zeitintervall von t bis $(t + dT)$ gleich
35 3,6 zu setzen.

Im Wirkbetrieb sorgen die gleitenden Aufdatierungen von

1
 $a_1(t)$ und der aktuellen Zustandsinformationen $x_1(t)$ für eine angemessene BIAS-Adaption, welche z.B. durch die Parameter δ und β so zu justieren ist, daß die Processing Load bei sehr hohen Lasten begrenzt bleibt. Da der Prädiktions-Fehler bei wachsendem Prädiktionsintervall δt steigt, ist dieses so klein wie möglich, jedoch größer als alle möglichen Round-Trip-Delays im Zeichenabgabesystem zu wählen, falls ein im folgenden noch näher zu erläuternder kooperativer Import von Zustandsinformationen für die Vervollständigung der lokalen Trunk-Zustandstabelle LTSM angewandt wird.

5
 Die Informationen über die Verfügbarkeit eines Zwischenvermittlungsknotens TN sowie die Zustände eines zweiten Links L2 werden nach jedem Aufdatierungsintervall von den entsprechenden Zwischenvermittlungsknoten über die Zeichenkanäle importiert und in den lokalen Trunk-Zustandstabellen abgespeichert. Bei einem Kommunikationsnetz mit N Vermittlungsknoten müssen von jedem Ursprungsvermittlungsknoten der vorgegebenen Menge der Alternativwege entsprechend M zusätzliche Zweiflink-Zustandsmeldungen von (N-1) Zielvermittlungsknoten im Route Update Intervall $\delta t = 10$ s importiert und abgespeichert werden. Mit $N = 64$, $M = 14$ und 2 Byte pro Zustand eines Links bekäme die Datenbasis für den zweiten Link daher den Umfang von 28 Bytes für jedes Ziel und damit einen Gesamtumfang von 1,764 k Byte pro Ursprungsvermittlungsknoten für alle Ziele. Für den Meldungstransfer auf dem zentralen Zeichenkanal kann unterstellt werden, daß die Vermittlungsknoten weiterhin über assoziierte 64 kbit/s Zeichenkanäle gekoppelt bleiben. Die auf das Route Update Intervall verteilte Summenbitrate für den Import in die bzw. den Export aus der lokalen Trunk-Zustandstabelle beträgt daher pro Vermittlungsknoten $2 \text{ DB} \times 8/\delta t = 2,822 \text{ kbit/s}$. Der Meldungsaustausch erfolgt jedoch im MSU-Datagramm-Modus. Jede MSU (Message Signalling Unit) von brutto nominell

1

11

etwa 272 Byte findet ihr Ziel innerhalb von etwa 100 msec.
Pro MSU und Ziel sind $M \times 2$ Byte = 28 Byte innerhalb von
dT oder rund 0,1 MSU/s zu transferieren. Weiterhin werden
von dem Ursprungsvermittlungsknoten alle Zwischenvermitt-
lungsknoten zur Rückmeldung ihrer Last- und Ziel-Bündel-
zustände aufgefordert. Hierzu sind M Bit für die Informa-
tionen über die Verfügbarkeit des Zwischenvermittlungskno-
tens erforderlich.

10

Die Bündelzustände der Zweitlinkabschnitte können
alternativ zum vorgenannten Abrufverfahren auch aus den
Zwischenvermittlungsknoten herbeigeführt werden. Hierzu
sind wiederum $M(N - 1)2$ Byte erforderlich. Der
Meldungsumfang ändert sich hierbei praktisch nicht.

15

Durch den kooperativen Transfer der Informationen aus den
lokalen Trunk-Zustandstabellen zwischen den Vermittlungs-
knoten des nichthierarchischen Kommunikationsnetzes ergibt
sich ein weitsichtiges Routing-Verfahren. Dies wiederum
hat zur Folge, daß eine Entlastung des wesentlich kriti-
scheren und kostenträchtigeren Call-Processings eintritt.
Gleichzeitig entsteht ein lastteiliger und sicherheitsre-
levanter Route- Processing-Verbund mit dezentralen Datenbe-
ständen bei geringem Kommunikationsaufkommen. Vergleichs-
weise müßte bei einem entsprechenden Verfahren mit zentra-
lem Routing-Prozeß das N-fache Datenbasis-Volumen inner-
halb dT zu zwei sicherheitsrelevant räumlich diversitär
arbeitenden Doppelrechnern übertragen werden, welche
ihrerseits im gleichen Zeitraster aus $N(N - 1)$, d.h.
etwa N^2 Linkzuständen Alternativwegesequenzen mit bis
zu M Alternativwegen generieren und in N dezentrale
Tabellenspeicher zurücktransferieren müßten.

25

30

35

Anstelle des kooperativen Transfers der in den lokalen
Trunk- Zustandstabellen gespeicherten Zweitlink-Zustands-
informationen zwischen den Vermittlungsknoten, kann auch
ein Verfahren zum intelligenten Erlernen der Zustände der

entsprechenden Links und Vermittlungsknoten angewandt werden. Dieses Verfahren könnte beispielsweise in der Weise realisiert werden, daß die genannten Zustände anhand bedingter Blockierungserfahrungen (Folgelinks blockiert unter der Bedingung Erstlinks frei) in größeren Zeitabständen aufdatierend geschätzt und aktualisiert werden. Diese Variante bietet sich insbesondere bei internationalen Verkehrsprofilen und eingeschränktem Austausch von Zustandsinformationen zwischen den Ursprungs- und Zielvermittlungsknoten, sowie mehr als zwei Linkabschnitten zwischen diesen Vermittlungsknoten an.

FIG 3 zeigt ausgewählte analytische Fallstudien für symmetrische und dynamisch nicht hierarchisch gesteuerte Kommunikationsnetze mit sequentiellem wechselseitigem Überlauf (dynamic non hierarchical routing dNHR). Die Symmetrie beinhaltet Vollvermaschung, $n = 100$ Trunks pro Link und gleiche Verkehrsangebote A/n in Erl pro Trunk und Verkehrspaar, jedoch unterschiedliche Alternativwegefächer-Größen M als einzig verbleibenden Optimierungsparemeter im vorliegenden symmetrischen Fall. Als Trunkreservierung TR wird der zu n geeignete Wert $TR = 4$ verwendet, und die BIAS-Werte werden vernachlässigt. Dargestellt wird der erfolgreiche Verkehrsdurchsatz, d.h. die normierte Verkehrsbelastung Y/n in Erlang pro Trunk als Funktion des normierten Verkehrsangebotes A/n in Erlang pro Trunk.

Für $M = 14$ wird bis zum Angebot 0,88 Erl/Trunk ein nahezu verlustfreier Durchsatz erzielt. Ohne Trunkreservierung TR würde dem Knickpunkt ein sichelförmiger Durchsatzrückgang folgen. Bei höheren Verkehrsangeboten werden jedoch die höchstmöglichen Durchsatzwerte nur dann erzielt, wenn der Umfang des Alternativwegefächers, d.h. der Parameter M reduziert wird.

Für $A/n > 1$ Erl/Trunk dominiert schließlich mit $M = 0$ das ungesteuerte Kommunikationsnetz, denn anderenfalls würde

1

13

der auf die Zweit-Link-Alternativwege gelenkte Verkehr den Direktverkehr der entsprechenden Links jeweils zweifach behindern.

5

Andererseits erhielten im Falle $M = 0$ alle überschüssig eingehenden Rufe bei kleineren Verkehrsangeboten trotz vorhandener Kapazitätsreserven von im Mittel $(n - A)$ pro Link keine weiteren Erfolgchancen, so daß höhere Blockierungen im Prozentbereich gegenüber einer optimalen

10

Wegefächergröße $M > 0$ resultieren.

15

Das erfindungsgemäße zustandsgesteuerte dynamische nicht-hierarchische Routing-Verfahren (SDNHR) löst das genannte Adaptionproblem jedoch nicht nur für symmetrische, sondern zugleich für unsymmetrische Netze. Wie ausgeführt, werden ausgelastete Alternativwege nicht verwendet, und darüber hinaus diejenigen Alternativwege vorrangig belegt, welche die größten nahezu echtzeitigen Kapazitätsreserven aufweisen. Zusätzlich wird der Gefahr von Alternativwege-Überselektionen durch adaptive BIAS-Prädiktionen im Route Update Intervall begegnet. Hierbei wird der Durchsatz

20

abermals optimiert, so daß der in FIG 3 durch eine erste Schraffur S1 dargestellte Endbereich über alle Lasten approximiert wird. Dieser Bereich nähert sich ferner mit

25

wachsenden Link-Kapazitäten für $n \rightarrow 100$ der idealen Grenzkurve ($y = A$ für $A \leq n$ bzw. $y = n$ für $A \geq n$, in FIG 3 durch eine zweite Schraffur S2 angedeutet).

30

FIG 4 veranschaulicht Simulationen an einem unsymmetrischen Netz mit $N = 5$ Vermittlungsknoten und $M = 3$, und zwar hinsichtlich eines erwartbaren Processing Load Ratio PRLR bei überlastigen Verkehrsangeboten A in Erlang Erl.

35

Das Processing Load Ratio PRLR bezeichnet hierbei die mittlere Call Processing Load pro Call infolge sequentieller Alternativweg-Überläufe und Crankbacks.

Für planerische bzw. extreme Lasten strebt das Processing Load Ratio gegen 1, weil in diesen Fällen praktisch keine Verkehrsüberläufe auftreten bzw. zugelassen werden. In diesen Fällen wird also pro Call nur der planerische Weg aufgegriffen.

Eine erste Kurve K1 zeigt den PRLR-Verlauf eines Sequenzial Routing Verfahrens ohne Beteiligung einer lokalen Trunk-Zustandstabelle, wobei Rechnung und Simulationen bei vernachlässigbar kleinen Vertrauensintervallen übereinstimmen.

Signifikante Minderungen des Processing Load Ratio gemäß einer zweiten Kurve K2 ergeben sich im relevanten Hochlastbereich, wenn die lokal vorhandenen Zustandsinformationen der Erstlinks zur Aufdatierung der Routing-

Sequenzen (Alternativwegesequenzen) verwendet werden. Hierbei ist nämlich gewährleistet, daß der Erstlink

(erster Abschnitt eines Alternativweges) frei ist, so daß zum Processing Load Ratio gegebenenfalls nur das Crankback des zweiten Links (zweiter Abschnitt des Alternativweges) eingeht.

Der in den Simulationen gemäß einer dritten Kurve K3 fest gewählte BIAS-Term vermindert die Schätzfehler für das Prädiktionsintervall Δt ($\Delta t = 10$ s). Diese Ausführungsform der Erfindung ist insbesondere für eine weitgehende Hardware-Realisierung des Route Processings interessant, weil hierbei das vorhandene Call Processing nicht tangiert würde.

Werden zusätzlich die Belegungszustände aus den Zweitlinks der Alternativwege importiert, so gelingt eine weitere Absenkung des Processing Load Ratios auf exemplarische Maximalwerte der Größe 1,06. Dieser Umstand wird durch eine vierte Kurve K4 und eine fünfte Kurve K5 veranschaulicht.

1

15

licht, wobei die vierte Kurve ohne BIAS-Reservierung und
die fünfte Kurve unter Zugrundelegung eines BIAS-Wertes
von 5 ermittelt wurde. Diese Ausführungsform der Erfindung
ist daher insbesondere für ihre weitgehende Software-Realisierung
in bestehenden Hardware-Systemumgebungen geeignet.

10

15

20

25

30

35

Patentansprüche

1. Verfahren zur nichthierarchischen Verkehrslenkung in einem Kommunikationsnetz, das

a) mehrere Vermittlungsknoten umfaßt, die über Verbindungsstrecken (Links) so miteinander vermascht sind, daß zwischen zwei solchen Vermittlungsknoten mehrere Verbindungswege vorhanden sind,

b) der Verkehr zwischen zwei solchen Vermittlungsknoten über wenigstens einen Planweg gelenkt wird,

c) der genannte Verkehr nach einer Alternativwegesequenz (AWS) über Alternativwege gelenkt wird, wenn eine Verbindung über einen Planweg nicht möglich ist,

d) die Alternativwegesequenz eine nach steigenden Verkehrsbelastungszuständen geordnete Reihenfolge von Alternativwegen darstellt und periodisch in Echtzeiträumen Zeitintervallen ermittelt wird, daß

e) die Alternativwegesequenz aus einer vorgegebenen Menge von Alternativwegen ermittelt wird, wobei ein Alternativweg, dessen Verkehrsbelastungszustand einen bestimmten Schwellwert überschreitet, nicht in die Alternativwegesequenz mitaufgenommen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, daß die genannte Alternativwegesequenz (AWS) im jeweiligen Ursprungsvermittlungsknoten ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, daß die Verkehrsbelastungszustände eines Alternativweges anhand des Belegungszustandes der von dem Ursprungsvermittlungsknoten abgehenden First-Link des Alternativweges eingestuft wird.

1

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Verkehrsbelastungszustand eines Alternativweges
bezüglich der Folge-Links anhand von Blockierungser-
5 fahrungen eingestuft wird.

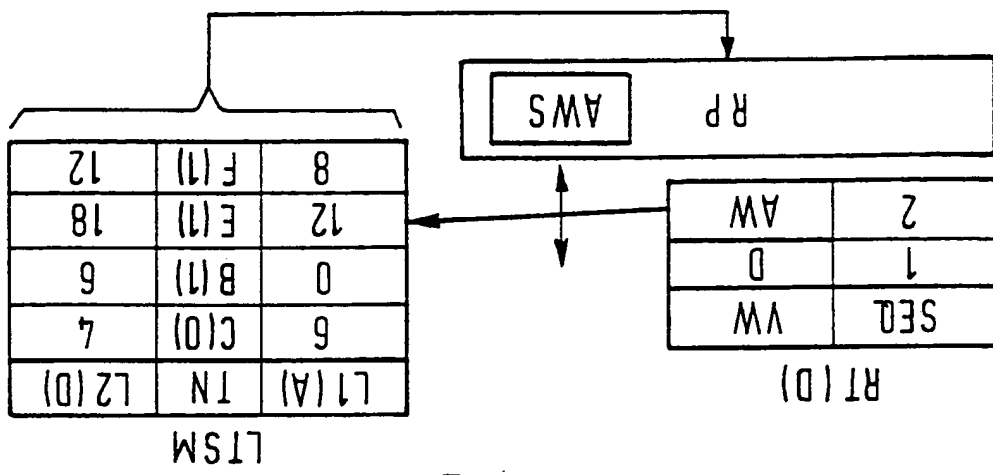
5. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Verkehrsbelastungszustand eines Alternativweges
10 anhand des Belegungszustandes aller den Alternativweg
bildenden Verbindungsstrecken und der Verfügbarkeit der
auf dem Alternativweg liegenden Zwischenvermittlungsknoten
eingestuft wird.

15 6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß der bestimmte Schwellwert linkspezifisch und echtzeit-
nah in Abhängigkeit der über ein Prädiktionsintervall
gemittelten Differenz zwischen Rufankünften und
20 Verbindungsbeendigungen (Call Completion) verändert
wird.

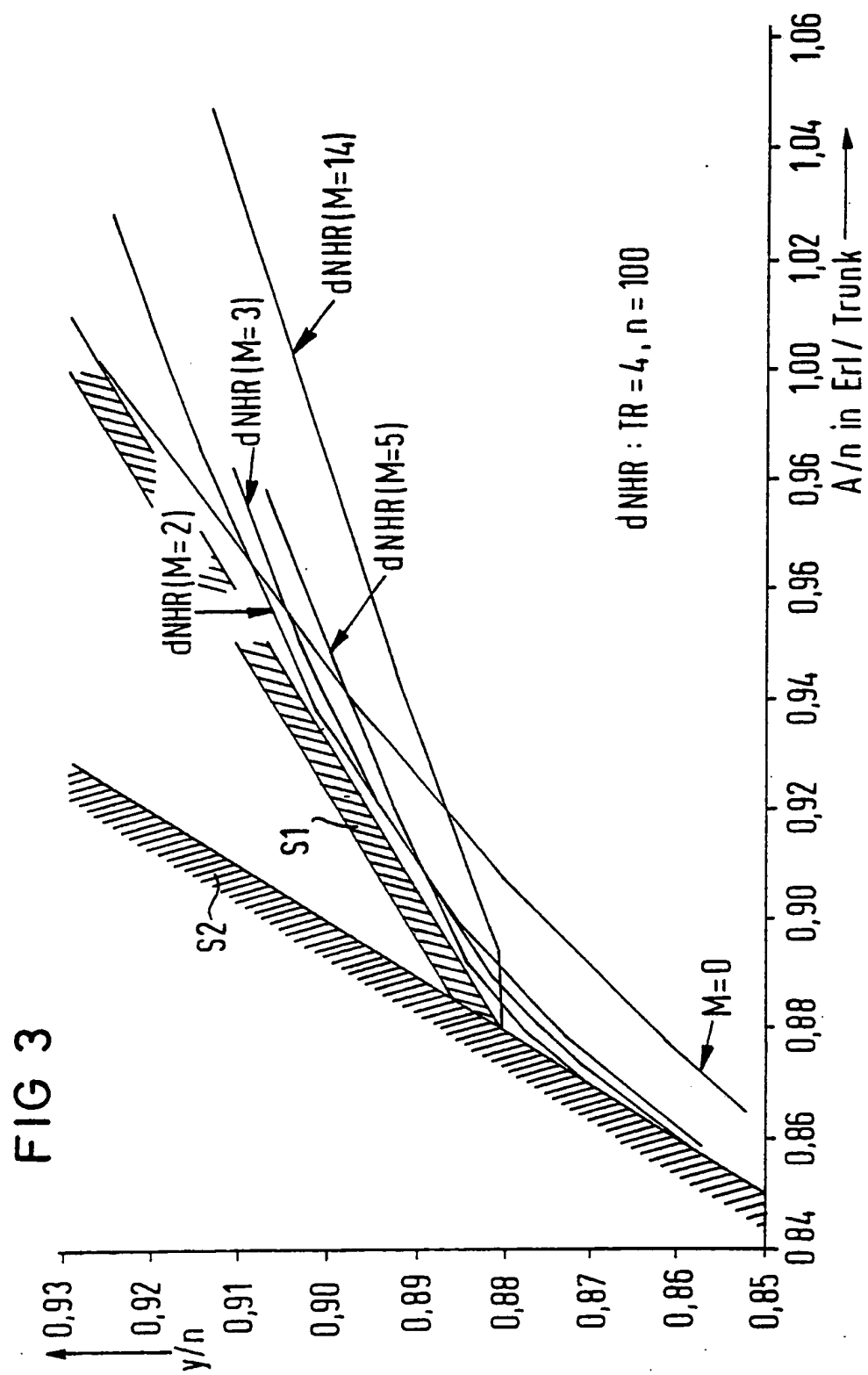
25

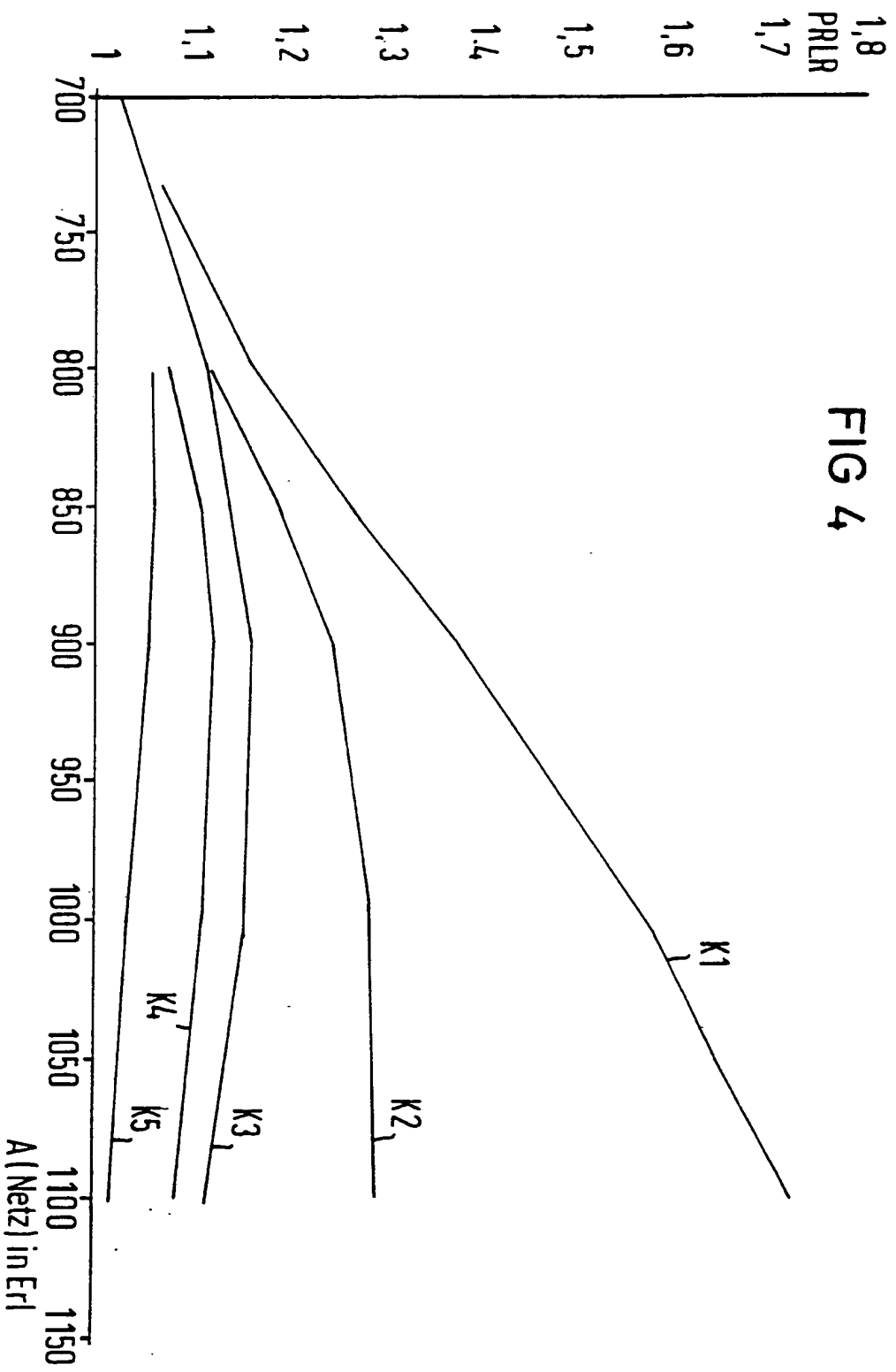
30

35



2/3





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP 92/02302

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 5 H04Q3/66

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 5 H04Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US,A,4 669 113 (ASH)	1,3-6
A	26 May 1987	
	see column 14, line 35 - line 38	2

Y	PROCEEDINGS OF THE NATIONAL COMMUNICATIONS FORUM October 1985, ROSEMONT (US) pages 596 - 600 RICHARDS ET AL "Towards Dynamic Network Control" see page 597, left hand column, line 1 - right hand column, line 18	1-6

	-/--	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

04 December 1992 (04.12.92)

Date of mailing of the international search report

14 December 1992 (14.12.92)

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

International application No.

PCT/EP 92/02302

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
-----------	--	-----------------------

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO. EP 9202302
SA 65873**

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 04/12/92

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-4669113	26-05-87	CA-A- 1252186 JP-A- 61251261	04-04-89 08-11-86
WO-A-9001237	08-02-90	US-A- 4931941 EP-A- 0426737 JP-T- 4502239	05-06-90 15-05-91 16-04-92
US-A-4788721	29-11-88	EP-A- 0393126 JP-T- 2503979 WO-A- 8905552	24-10-90 15-11-90 15-06-89
EP-A-0449480	02-10-91	US-A- 5101451 JP-A- 4223646	31-03-92 13-08-92
EP-A-0376556	04-07-90	CA-A- 2001665 JP-A- 2260956 US-A- 5101451	29-06-90 23-10-90 31-03-92
WO-A-9120148	26-12-91	US-A- 5142570 CA-A- 2035139	25-08-92 16-12-91

III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)		
Art °	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO,A,9 001 237 (BELL COMMUNICATIONS RESEARCH) 8. Februar 1990 siehe Seite 8, Zeile 49 - Zeile 52 siehe Seite 10, Zeile 41 - Zeile 43 siehe Seite 11, Zeile 13 - Zeile 15 siehe Seite 12, Zeile 35 - Zeile 37 ----	1-6
Y	US,A,4 788 721 (BELL COMMUNICATIONS RESEARCH) 29. November 1988 siehe Spalte 11, Zeile 49 - Zeile 51 ----	1-6
X	INTERNATIONAL SWITCHING SYMPOSIUM Bd. 4, März 1987, PHOENIX (US) Seiten 984 - 988 STACEY ET AL 'Dynamic alternative routing in the British Telecom trunk Network' siehe Seite 985, rechte Spalte, Zeile 35 - Zeile 40 ----	1
A	EP,A,0 449 480 (A.T.T.) 2. Oktober 1991 siehe Seite 2, Zeile 55 - Seite 3, Zeile 49 ----	1-6
A	EP,A,0 376 556 (A.T.T.) 4. Juli 1990 siehe Seite 2, Zeile 49 - Seite 3, Zeile 35 ----	1-6
P,X	WO,A,9 120 148 (BELL COMMUNICATIONS RESEARCH) 26. Dezember 1991 siehe Seite 10, Zeile 25 - Zeile 34 siehe Anspruch 3 -----	1

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RESEARCHENBERICHT
 ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR. EP 9202302
 SA 65873

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Researchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Daten des Europäischen Patentamts am 04/12/92.
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Researchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
---	-------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------

US-A-4669113	26-05-87	CA-A-1252186 JP-A-61251261	04-04-89 08-11-86
--------------	----------	-------------------------------	----------------------

WO-A-9001237	08-02-90	US-A-4931941 EP-A-0426737 JP-T-4502239	05-06-90 15-05-91 16-04-92
--------------	----------	--	----------------------------------

US-A-4788721	29-11-88	EP-A-0393126 JP-T-2503979 WO-A-8905552	24-10-90 15-11-90 15-06-89
--------------	----------	--	----------------------------------

EP-A-0449480	02-10-91	US-A-5101451 JP-A-4223646	31-03-92 13-08-92
--------------	----------	------------------------------	----------------------

EP-A-0376556	04-07-90	CA-A-2001665 JP-A-2260956 US-A-5101451	29-06-90 23-10-90 31-03-92
--------------	----------	--	----------------------------------

WO-A-9120148	26-12-91	US-A-5142570 CA-A-2035139	25-08-92 16-12-91
--------------	----------	------------------------------	----------------------

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82